

Interfejs mezi čtečkou čipových karet a sběrnici I2C

Interface between Card Reader and I2C Bus

Zadání bakalářské práce

Student:

Rudolf Hadida

Studijní program:

B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor:

2612R059 Mobilní technologie

Téma:

Interfejs mezi čtečkou čipových karet a sběrnici I2C
Interface between Card Reader and I2C Bus

Zásady pro vypracování:

1. Zvolte vhodný mikrořadič Microchip jako hlavní prvek interfejsu.
2. Navrhněte obvodové řešení interfejsu a realizujte ho.
3. Pro interfejs naprogramujte funkce pro čtení a zápis čipových karet.
4. Vytvořte úplnou technickou dokumentaci interfejsu po stránce obvodové i programové.

Seznam doporučené odborné literatury:

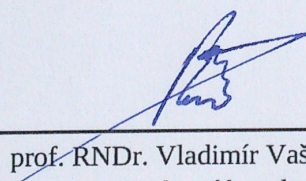
1. Dembowski, K. : Mistrovství v hardware. Computer press 2009.
2. PIC16F690 Datasheet. Dostupný na <http://www.microchip.com>

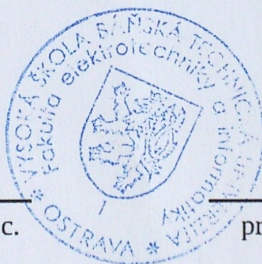
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

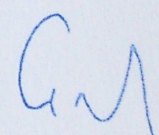
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Radek Novák, Ph.D.**

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013


prof. RNDr. Vladimír Vašínek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prehlasujem, že som túto bakalárskú prácu vypracoval samostatne. Uviedol som všetky literárne pramene a publikácie, z ktorých som čerpal.

V Ostrave 5. 5. 2013

.....
Hadiša

Chcel by som sa poďakovať môjmu vedúcemu bakalárskej práce Ing. Radkovi Novákovi, Ph.D. za pomoc a cenné rady pri tvorbe tejto práce, rodine a priateľom za podporu a zhovievavosť.

Abstrakt

Cieľom bakalárskej práce bolo vytvorenie rozhrania medzi RFID čítačkou a zbernicou I²C. V prvých dvoch kapitolách sú popísané technológie a v praktickej časti je rozoberané dekódovanie dát z RFID čítačky a následne ich korektné spracovanie, prevedenie z binárnej podoby do znakovej v ASCII formáte a v konečnej fáze implementácie rozhrania sprístupnenie pre čítanie cez I²C zbernicu. Pre prezentáciu funkčnosti bol vytvorený systém, v ktorom bolo toto rozhranie použité.

Kľúčové slová: rozhranie, RFID, I²C, čítačka kariet, zbernica

Abstract

The goal of this bachelor thesis was to create an interface between RFID reader and I²C bus. In the first two chapters are described technologies and in practical part is discussed decoding data from the RFID reader and then the correct processing, converting from binary format to ASCII character format and in the final stage of implementing the interface accessing for reading through the I²C bus. For presentation of functionality was created a system in which the interface was used.

Keywords: interface, RFID, I²C, card reader, bus

Zoznam použitých skratiek a symbolov

AM	– Amplitude Modulation
ASCII	– American Standard Code for Information Interchange
EEPROM	– Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
GSM	– Global System for Mobile Communications
I ² C	– Inter-Integrated Circuit
ISM	– Industrial, Scientific and Medical
RFID	– Radio Frequency Identification
RISC	– Reduced Instruction Set Computing
USB	– Universal Serial Bus

Obsah

1	Úvod	4
1.1	Cieľ práce	4
2	Technológia RFID	5
2.1	História RFID	5
2.2	Princíp RFID technológie	5
2.3	RFID tagy	6
2.4	Systémy RFID podľa použitého frekvenčného pásma	8
3	Zbernica I²C	11
3.1	Charakteristika I ² C	11
4	Hardvér, zapojenie a implementácia programu	14
4.1	Voľba hlavného prvku	14
4.2	Obvod čítačky RFID	15
4.3	Transpondéry	17
4.4	Obvodové zapojenie	17
4.5	Implementácia programu rozhrania	19
5	Návrh systému s rozhraním RFID	26
5.1	Autorizačný systém	26
6	Záver	27
7	Literatúra	28
	Prílohy	28
A	Obsah priloženého CD	29

Zoznam obrázkov

1	Zjednodušený princíp RFID	5
2	Tag v podobe nalepovacej fólie	6
3	Tag v podobe plastovej karty	7
4	Tag v podobe sklenenej tyčinky	7
5	Prehľad využívaných pásiem v RFID systémoch	9
6	Príklad zapojenia prvkov v I ² C systéme	11
7	Prenos dát z pohľadu úrovni napätia	12
8	Prenos dát	13
9	Procesor PIC16F877A	14
10	Čítačka RFID	15
11	Príklad signálu Manchester	16
12	Organizácia pamäte RFID tagu	17
13	Schéma zapojenia	18

Zoznam výpisov zdrojového kódu

1	Nastavenie kompilátora	19
2	Premenné	19
3	Konfigurácia procesora	19
4	Získanie headera - 9 log. jednotiek	21
5	Získanie identifikátora výrobcu	22
6	Získanie jedinečného identifikátora karty	22
7	Prevod dát z Manchester kódu do binárnej podoby	23
8	Prevod z binárnej podoby do ASCII formátu	23
9	Obsluha komunikácie	24
10	Hlavný program	25

1 Úvod

V dnešnej dobe čím ďalej tým viac pociťujeme potrebu identifikácie. Či už ide o majetok, osoby, zvieratá, tovar alebo dáta samotné. Vyplýva to z potreby správne a efektívne vyhľadávať a lokalizovať rôzne druhy objektov. Systémov, ktoré túto problematiku realizujú, je mnoho ale všetky zohľadňujú tieto podmienky: čo najlacnejšia výroba, jednoduchosť zariadení, životnosť informácie, jedinečná identifikácia a v neposlednom rade bezpečnosť. Niektoré z týchto kritérií sa podarilo splniť systémami, ktoré používajú čiarové kódy, ale v súčasnosti rastie potreba takej identifikácie, ktorá zabezpečí skutočne efektívne, lacno a rýchlo vytvoriť predovšetkým bezpečný systém, ktorý pokryje všetky spomínané kritériá a práve pomocou RFID toho bolo docielené.

1.1 Cieľ práce

Cieľom tejto práce je vypracovať rozhranie medzi RFID technológiou a I²C zbernicou, vytvoriť funkčný systém identifikácie s možnosťou ukladania autorít do pamäte systému a vyhotoviť dokumentáciu. Pre úplné pochopenie práce sa preto v nasledujúcich kapitolách budem venovať najprv popisu jednotlivých technológií, tj. problematike RFID technológie, zbernici I²C a následne popíšem tvorbu rozhrania a autorizačného systému.

2 Technológia RFID

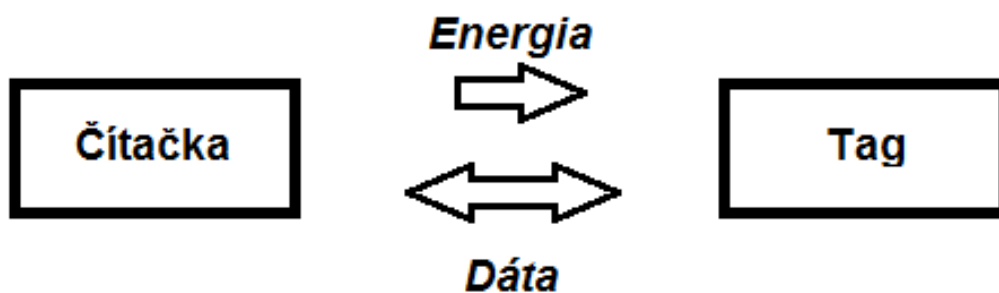
V tejto časti sa pokúsim priblížiť RFID. Čerpal som z diplomovej práce Bc. Silvie Polákovéj, pretože sú v nej stručným spôsobom popísané všetky základné črty tejto technológie. [1]

2.1 História RFID

Prvá konkurencia čiarovému kódu sa objavila v roku 1969, kedy sa v Amerike Mario Cardullo začal zamýšľať nad tým, ako vytvoriť značku určenú na identifikáciu, ktorej funkcie by prebiehali automaticky. Patent získal v roku 1973 a v nasledujúcich rokoch sa táto technológia začala prakticky využívať vo viacerých firmách. Boli vytvorené bezdrôtové identifikačné čipy, ktoré čerpali energiu z elektromagnetických vĺn vysielaných z čítačky. Pre toto riešenie sa ujal názov RFID - Radio Frequency Identification. Keďže s postupným vývojom RFID súvisí aj používaná frekvencia, bude táto závislosť popísaná v časti Systémy RFID podľa použitého frekvenčného pásma.

2.2 Princíp RFID technológie

Základný princíp tejto technológie je vo svojej podstate jednoduchý. Je spojením indukčného prenosu energie a rádiovej komunikácie. Nositeľom informácie je tzv. tag (tiež nazývaný transpondér). Ten v sebe uchováva informáciu, ktorá môže byť prečítaná pomocou špeciálnej čítačky. Čítačka generuje magnetické pole, toto pole je využívané pre napájanie tagu pomocou cievky. Tag pomocou amplitúdovej modulácie vysiela uložené dáta po tej istej anténe, ktorá mu zabezpečila napájanie. Ako môžeme vidieť na obr. č. 1, je patrné, že zatiaľ čo energiu vysiela iba čítačka, dáta môžu byť prenášané ako z tagu do čítačky, tak opačne. Tento spôsob sa využíva vtedy, ak tag podporuje zápis. Je to vhodné pre systémy, kde je potrebné konkrétne dáta uložiť do pamäte tagu. Môžu to byť napríklad osobné údaje osoby. Tento spôsob sa však využíva v menšej miere.



Obr. 1: Zjednodušený princíp RFID

Je to spôsobené najmä tým, že tieto tagy sú približne dvakrát drahšie a tiež čítačka musí podporovať zapisovanie do tagov, čo sa samozrejme zrkadlí aj na cene a zložitosti systému s RFID. Rozdeleniu RFID technológie a jej vlastnosťami sa budem zaoberať v nasledujúcich podkapitolách.

Poznámka 2.1 Popisovaný princíp používajú systémy s tzv. pasívnymi tagmi, no existujú tiež systémy, v ktorých tagy obsahujú vlastný zdroj napájania.

2.3 RFID tagy

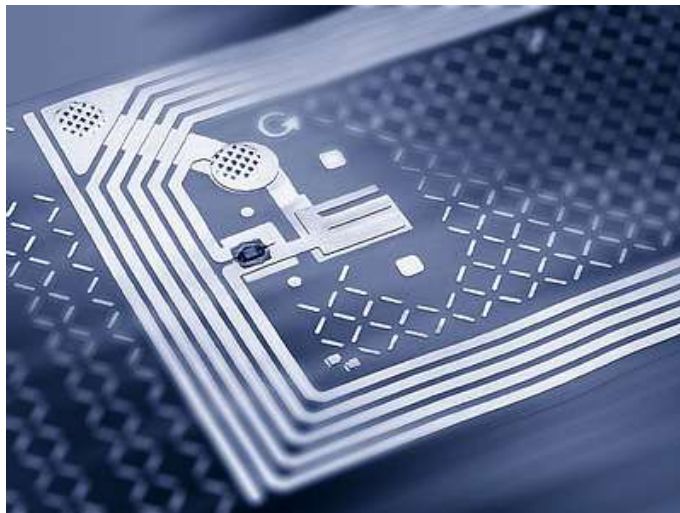
Tag, inak tiež nazývaný transpondér, je elektronický obvod, ktorý v sebe uchováva dáta a má schopnosť tieto dáta sprostredkovať na čítanie, poprípade môže mať možnosť zápisu. Slovo transpondér vzniklo spojením dvoch anglických slov: transmit, čo znamená prenášať a respond - odpovedať.

Z hľadiska napájania existujú dva druhy tagov:

- *Pasívne* - bez zdroja napájania
- *Aktívne* - so vstavanou batériou

2.3.1 Pasívne tagy

Pasívny tag je zložený z dvoch základných častí. Prvou je mikročip, druhou anténa, ktorá zabezpečuje napájanie čipu a tiež má funkciu antény pri prenose dát. Anténa aj čip bývajú umiestnené na podložke, napr. zo samolepiacej fólie (obr. č. 2) alebo bývajú zatavené do plastu (obr. č. 3), resp. skla (obr. č. 4).



Obr. 2: Tag v podobe nalepovacej fólie



Obr. 3: Tag v podobe plastovej karty



Obr. 4: Tag v podobe sklenenej tyčinky

2.3.2 Aktívne tagy

Aktívne tagy obsahujú naviac zdroj energie, batériu, čím pridávajú tagu vlastnosť vysielateľ nezávisle - bez potreby externého napájania. Tieto tagy sú tiež označované ako mobilné dátové pamäte. Ich hlavnou výhodou je zvýšený dosah.

Tagy je možné členiť podľa viacerých kritérií, lebo môžu mať rôznu technickú alebo konštrukčnú formu. Tvar, materiál a rozmery sa môžu líšiť - vyrábané sú v rôznych veľkostiach, dosahoch, rozsahoch teplôt, kapacitách pamäte. Existujú najrôznejšie druhy ur-

čené pre najrôznejšie použitia. Vyhotovenia s plochou pol milimetra štvorcového vrátane antény do bankoviek alebo aktívne tagy s veľkým dosahom a o veľkosti pár centimetrov. Takmer všetky tagy sú odolné voči chemikáliám, vlhkosti atď. Ich vlastnosti môžu byť veľmi ovplyvňované vzdialenosťou ku kovovým predmetom a elektromagnetickému žiareniu, kedy sa ich čítacia schopnosť znižuje alebo úplne stráca.

2.4 Systémy RFID podľa použitého frekvenčného pásma

RFID systémy môžu pracovať v rôznych vlnových dĺžkach rádiového spektra. Kmitočet určuje dosiahnuteľnú vzdialenosť pri komunikácii. Čím vyšší kmitočet, tým vyššia je aj prenosová rýchlosť komunikácie, no znižuje sa vzdialenosť do ktorej môže byť tag prečítaný. Preto voľba vhodnej frekvencie pri návrhu systému s RFID je jedným z dôležitých kritérií. Vyplývajú z toho mnohé fyzické obmedzenia, akými sú napríklad dosah snímača, rýchlosť snímania, resp. zapisovania ale tiež zákonné obmedzenia. V priemysle sa na krátku vzdialenosť často využívajú práve tie frekvenčné pásma, ktoré nepodliehajú plateniu licenčných poplatkov, sú to tzv. ISM pásma (Industrial, Scientific and Medical, priemyslové, vedecké a lekárske). Môžu byť používané bez licencií iba ak splňujú určité pravidlá. Je to kvôli tomu, aby sa predišlo rušeniu iných systémov akými sú napr. GSM siete a amatérske rádiostanice. Pri malých vzdialenostiach dosahu to obvykle nebýva problém. Azda najnámejšími technológiami pracujúcimi v ISM pásmach sú Wi-Fi (2,4 GHz a 5 GHz), Bluetooth (2,4 GHz), Zigbee (868 MHz a 2,4 GHz). Prvý systém, ktorý fungoval na princípe RFID bol vytvorený na začiatku 80-tych rokov a pracoval vo frekvenčnom pásme od 125 kHz do 148 kHz. V práve spomínanom rozmedzí frekvencií pracujú systémy na identifikáciu ľudí, identifikáciu rôznych komponent počas výroby a identifikáciu zvierat. Pre zvieratá je vymedzená konkrétna oblasť - 134 kHz. Tag bol tvorený cievkou s medeného drôtu, tvoriaceho anténu a EEPROM pamäťou.

Od polovice 90-tych rokov sa začali presadzovať na trhu tagy pre RFID pracujúce na frekvencii 13,56 MHz. Anténa tagu nemusí byť nutne vyrobená z medeného drôtu ale môže byť vytlačená vodivým atramentom na podložku z papiera a doplnená čipom. RFID v pásme 13,56 MHz môžeme nájsť v systémoch na evidenciu kníh v knižniciach, identifikáciu batožiny, riadenie prístupu atď. Charakteristickou vlastnosťou čipov na frekvencii 13,56 MHz je, že oproti čipom s nižšou frekvenciou majú rýchlejšie čítanie a zápis, kratšiu dobu reakcie, lepšiu priepustnosť rádiových vln materiálmi a tiež veľkú bezpečnosť prenosu - možnosť kódovania dát. V tejto skupine sú tagy k dispozícii vo variantách určených na čítanie alebo čítanie a zápis s kapacitou EEPROM pamäte od niekoľko bajtov až po kilobajty. Ale vzhľadom k vyššej cene sa obvykle používajú len v aplikáciách, kde sa počíta s opakovaným a dlhodobým používaním. Nevýhodou týchto tagov je menší dosah a väčšia náročnosť výroby antény. V aktívnom prevedení je možné dosiahnuť až metrové čítacie vzdialenosti.

V roku 2000 sa na trhu objavujú tagy pracujúce na frekvencii 868 MHz pre Európu, 915 MHz pre Ameriku a v Ázii 950 MHz. Aktívne tagy pracujú najčastejšie na frekvencii 433 MHz, 2,4 GHz a 5,8 GHz. Používajú sa na identifikáciu prepravovaných kontajnerov. Čítacia vzdialenosť 1-10 metrov. Prakticky vo všetkých frekvenčných pásmach existujú aj pasívne aj aktívne verzie. Mikrovlnné frekvencie 2,45 GHz a 5,8 GHz sú zaujímavé hlavne

preto, lebo v spojení s aktívnymi tagmi, kedy vďaka tomu, že majú vlastný zdroj energie sa ich vzdialenosť čítania zvyšuje až na desiatky metrov a niektoré prevedenia zvládajú aj stovky metrov. Preto sa využívajú ako identifikácia vozidiel a pohybujúcich sa predmetov. Na jednej strane majú výhodu dlhšieho dosahu, no nevýhodou je jav nazývaný ako „stojace nulové vlny“. Sú to vlastne mŕtve body v čítacom poli, v ktorých sa nedá čítať z tagu. Je to podobný jav ako chladné miesta v jedle pri zohrievaní v mikrovlnnej rúre. O podobné riešenia problému mŕtvych zón ako v prípade mikrovlnného ohrevu sa pokúsili aj výrobcovia mikrovlnných antén, ale táto metóda sa prejavila ako nepraktická. Najväčšími výhodami čipov pracujúcich na vyšších frekvenciách je ich menší rozmer a realizovateľnosť jediným malým integrovaným obvodom doplneným relatívne malou anténou. S tým súvisí aj nižšia cena.

V tabuľke na obr. č. 5 môžeme porovnať výhody a nevýhody systémov RFID podľa použitých frekvencií.

FREKVENCIA	<i>Nízka 125-148 KHz LF tag</i>	<i>Vysoká 13,56 MHz HF tag</i>	<i>Veľmi vysoká 860-950 MHz UHF tag</i>	<i>Mikrovlnná 2.45, 5.8 GHz MW tag</i>
DOSAH	<i>pod 0,5 m</i>	<i>do 1 m</i>	<i>do 3 m</i>	<i>do 10 m</i>
RÝCHLOSŤ SNÍMANIA	<i>malá</i>	<i>dostatočná</i>	<i>veľká</i>	<i>možnosť extrémne vysokej</i>
VÝROBNÉ NÁKLADY	<i>vysoké</i>	<i>vysoké</i>	<i>vysoké</i>	<i>vysoké</i>
MOŽNOSTI SNÍMANIA	<i>na kove a cez kvapalinu</i>	<i>ťažké snímanie cez kvapalinu</i>	<i>nejde snímať cez kvapalinu, ťažké snímanie z kovu</i>	<i>nebezpečenstvo nulových stojacich vĺn</i>

Obr. 5: Prehľad využívaných pásiem v RFID systémoch

Čipy pracujúce na vyšších frekvenciách zvládnu vyššie dátové toky, no majú väčšie problémy s priestupnosťou signálu materiálmi ako čipy s nižšou frekvenciou. Systémy pracujúce na vysokých frekvenciách majú taktiež vyšší výkon. Nie je to kvôli použitej frekvencii, ale kvôli spôsobu použitej komunikácie.

Existujú dva základné druhy:

- *Induktívna metóda*
- *Odrazová metóda*

2.4.1 Induktívna metóda

Induktívna metóda dosahuje vzdialenosti do desiatok centimetrov, označuje sa tiež "low range". V angličtine to znamená malý, resp. slabý dosah. Ako už bolo spomenuté, tag v sebe obsahuje pamäťový čip, ktorý v sebe uchováva dáta a cievku, ktorá funguje ako anténa. Popísaný tag je pasívny. Všetku energiu pre prenos dát získava od čítačky. Čítačka generuje vysokofrekvenčné magnetické pole, ktoré sa vytvára v cievke tagu neďaleko čítačky. Induktívna metóda je založená na princípe transformátora medzi primárnou cievkou v čítačke a sekundárnou v tagu.

2.4.2 Odrazová metóda

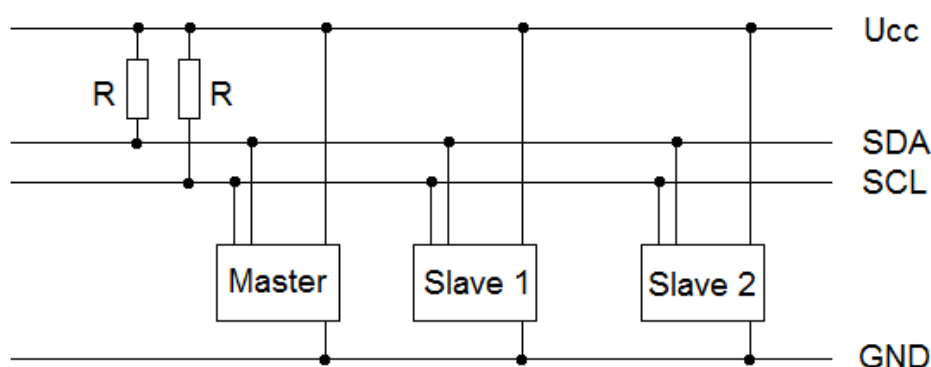
Odrazová metóda dosahuje vzdialenosti v radoch metrov. Nazýva sa "long range", teda dlhý dosah. Využíva podobný princíp ako radar. Časť energie je vyžarovaná anténou čítačky a keď dorazí k tagu vo forme vysokofrekvenčného napätia, je po úprave použitá na nabitie čipu. Nabitý čip potom upravuje odpor rezistora, čím dochádza k zmene parametrov antény. Signál, ktorý sa odrazí späť, má rozdielne vlastnosti. Týmto spôsobom dochádza k výmene dát. Následne už len stačí zmenu detegovať v čítačke.

Poznámka 2.2 Indukčná metóda sa využíva aj v navrhovanom RFID systéme.

3 Zbernica I²C

I²C je dvojvodičová zbernica, ktorá sa hlavne vďaka svojej jednoduchosti a flexibilita často používa v systémoch s integrovanými obvodmi, kde je potrebné prenášať dáta. Výhodou je možnosť riadenia zbernice jedným obvodom, no existujú aj zložitejšie zapojenia, v ktorých je možné použiť viac prvkov, ktoré riadia komunikáciu.

Poznámka 3.1 Pre našu potrebu postačuje jednoduchý systém s jedným riadiacim obvodom a niekoľkými podriadenými obvodmi (obr. č. 6).



Obr. 6: Príklad zapojenia prvkov v I²C systéme

3.1 Charakteristika I²C

Integrované obvody na I²C zbernici môžeme rozlišovať podľa viacerých kritérií. Podľa toho, či riadia alebo akceptujú komunikáciu:

- Master - započína komunikáciu, vysiela hodinové impulzy, ukončuje komunikáciu
- Slave - reaguje na výzvu, môže podať žiadosť o pokračovanie alebo ukončenie komunikácie

alebo podľa toho, či prijímajú alebo odosielať dáta:

- Transmitter - odosiela dáta na I²C
- Receiver - prijíma dáta z I²C

Je zrejmé, že najprv musí Master poslať príkaz k ostatným obvodom, teda správa sa najprv ako Transmitter, následne je potrebné, aby zareagoval práve jeden obvod typu Slave - Receiver, ktorý musí mať na I²C zbernici jedinečnú adresu. Je to dôležité najmä preto, aby nedošlo ku kolízii pri prenose dát. Musí sa na to dbať pri návrhu systému.

Výrobcovia ponúkajú obvody, ktoré majú začiatok adresy statický a posledné bity adresy je možné voliteľne zmeniť. Na obvode Slave sú na to určené najčastejšie tri vývody. Pripojením týchto vývodov na úroveň logickej nuly alebo jednotky sa nastaví posledné tri bity adresy obvodu Slave.

Poznámka 3.2 Statická časť adresy je pridelovaná výrobcom na základe licencie. Samotné použitie I²C zbernice nieje licencované.

Samotná zbernica je tvorená dvoma vodičmi, no je dôležité aby všetky spolu komunikujúce obvody mali spoločný vodič pre nulovú úroveň napätia - GND. Delenie vodičov podľa funkcie, ktorú vykonávajú:

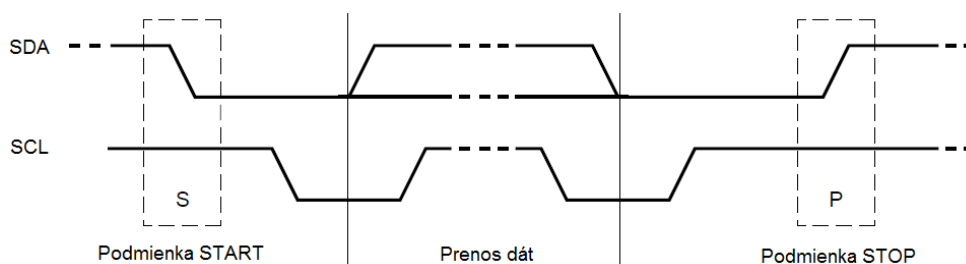
- SDA - vodič pre obojsmerný prenos dát, jeho kľudová úroveň je logická jedna, riadi ho Transmitter
- SCL - vodič pre hodinový signál, kľudová úroveň log. jedna, riadi ho Master

Ako SDA tak i SCL sú obojsmerné vodiče no SCL iba v zložitejších systémoch. Obidva musia byť pripojené cez tzv. Pull-Up rezistory na zdroj napájania (viď obr. č. 6). Je preto dôležité spomenúť, že všetky obvody pripojené k zbernici musia mať SDA a SCL vývody typu open-drain, resp. open-collector. Dáta môžu byť prenášané v niekoľkých rýchlostných módoch:

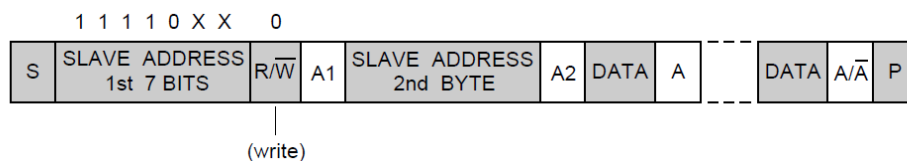
- *Standart-mode* - 100 kbit/s
- *Fast-mode* - 400 kbit/s
- *Fast-mode Plus* - 1 Mbit/s
- *High-speed mode* - 3,4 Mbit/s

Poznámka 3.3 V našom systéme je použitý Fast-mode s rýchlosťou 400 kbit/s.

Začiatok komunikácie, prenos dát a ukončenie z pohľadu úrovni napätí na vodičoch SDA a SCL môžeme vidieť na obr. č. 7



Obr. 7: Prenos dát z pohľadu úrovni napätia



Obr. 8: Prenos dát

Príklad komunikácie po I²C môžeme vidieť na obr. č. 8, kde Master vyšle podmienku START, potom 7 bitov adresy(jedinečnej) a ôsmym bitom posíla obvodu Slave informáciu, že požaduje zápis. Tento byte následne obvod Slave potvrdzuje tzv. ACK bitom, teda informuje Master-a, že je na I²C zbernici a pripravený na ďalšie dáta pre zápis. Ďalší byte predstavuje druhý byte adresy obvodu Slave. Všetky ďalšie dáta sú Masterom vysielané a Slave ich zapisuje a potvrdzuje. Posledný byte môže byť obvodom Slave nepotvrdený pomocou NACK signálu, vtedy Master už ďalšie dáta nevysiela ale pošle podmienku STOP a komunikácia sa ukončuje. Master sa správa ako Transmitter, Slave ako Receiver, ich úlohy sa menia napr. pri potvrdzovaní, no prenos je prevažne jednosmerný. Podrobnejšie informácie o I²C je možné nájsť v dokumentácii zbernice[2] a [3].

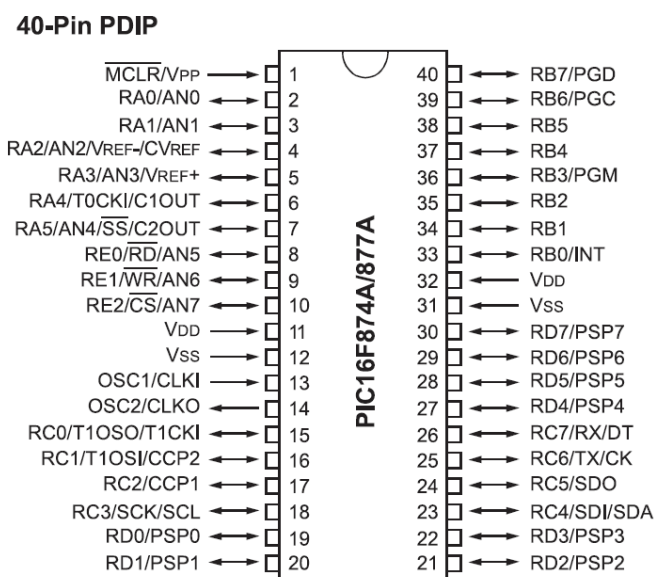
4 Hardvér, zapojenie a implementácia programu

V tejto stati je stručne popísaný použitý hardvér, neskôr je ozrejmená tvorba rozhrania. Najprv v časti Voľba hlavného prvku budú v stručnosti popísané niektoré zo základných vlastností procesora a rozloženie funkcií pinov, ďalej bude popísaný obvod EM4095, ktorý je hlavným prvkom čítačky. V podsekcii Obvodové zapojenie bude zobrazené zapojenie celého systému s rozhraním. Ďalej bude rozobratá implementácia programu, ktorý zabezpečí komunikáciu rozhrania s ďalším prvkom systému a nakoniec v časti Dekódovanie dát z čítačky RFID čipov bude popísaný postup tvorby algoritmu pre spracovanie dát z RFID čítačky. Pri tvorbe rozhrania bolo čerpané z užívateľského manuálu, alebo tiež datasheetu mikroprocesora[4] a datasheetu integrovaného obvodu pre RFID čítačku[5], ako aj použitých tagov[6].

4.1 Voľba hlavného prvku

Pre vytvorenie rozhrania medzi zbernicou I²C a čítačkou RFID tagov bolo potrebné zvoliť hlavný prvok od firmy Microchip. Zvolený bol mikroprocesor - konkrétne typ PIC16F877A (40-vývodové pouzdro PDIP obr. č. 9), ktorý má dostatok vstupno/výstupných pinov a taktiež počas vývoja rozhrania bol osadený vo vývojovej doske s mnohými perifériami, ktoré značne uľahčili vývoj aplikácie.

Tento procesor je architektúry RISC. To znamená, že jeho inštrukčný súbor je redukovaný. Až na výnimky sa všetky inštrukcie vykonávajú pri jednom takte procesora. Procesor je 8-bitový, teda všetky dáta v ňom uložené majú dĺžku slova 8 bitov. Čo sa týka rýchlosti, dokáže fungovať až na frekvencii 20MHz, no v tejto aplikácii to bolo o

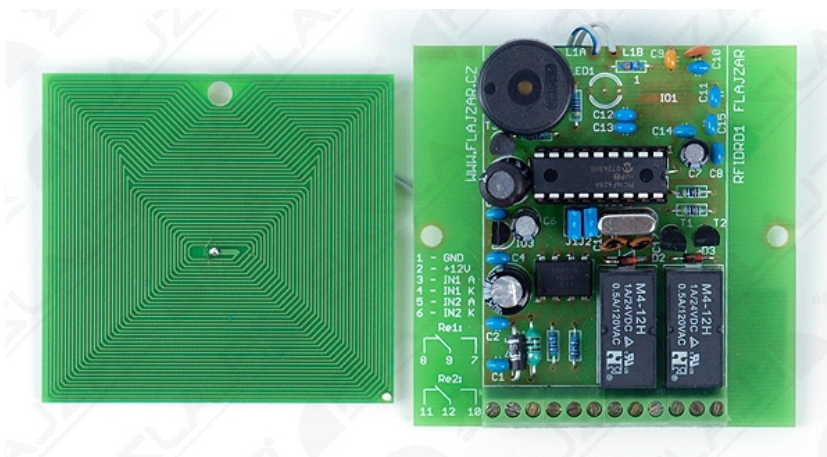


Obr. 9: Procesor PIC16F877A

niečo menej - presne 18,432MHz. Pre danú aplikáciu postačujúce. Využité boli len niektoré piny. Niekoľkým pinom je možné voliteľne programom nastaviť ich funkciu. Určité piny sú totiž viazané k hardvéru procesora, teda funkcie, ktoré hardware poskytuje sú len na nich. Taktiež treba dbať na to, že niektoré piny sú vyhradené pre potreby programátora. PIC16F877A bol programovaný pomocou programátora ICD2, program bol vytvorený v prostredí MPLAB, ktoré je voľne dostupné, no použitý kompilátor Hitech C bol v obmedzenej verzii, tzv. Lite, čo sa prejavilo najmä v tom, že skompilovaný program zaberal podľa tvrdenia vo výpise asi o 40 percent viac pamäte, než vo verzii Pro, no pre naše potreby to nemalo zásadný dopad. Pokiaľ ide o pamäť pre dáta v procesore, je možné použiť 368 bajtov, čo môže byť v niektorých prípadoch nepostačujúce.

4.2 Obvod čítačky RFID

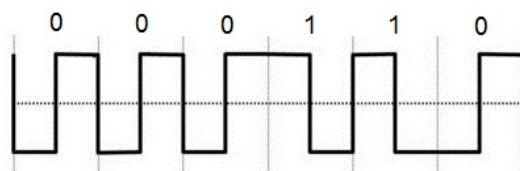
Pri tvorbe rozhrania bolo k dispozícii hotové riešenie pre domovú ústredňu s RFID. Toto zapojenie obsahuje obvod EM4095 vo vyhotovení SMD. Obvod generuje elektromagnetické pole na frekvencii 125kHz. Ďalej doska obsahuje mikroprocesor PIC16F628A - ovládací prvok a niekoľko periférií ako napr. relé. Riešenie funguje vo viacerých módoch s ukladaním kariet do pamäte EEPROM uvedeného procesora. Pre túto prácu bol uvedený procesor vybratý z päťice a zapojenie bolo doplnené o vývody pre spracovanie dát a napájanie. Čítačka je rozdelená do dvoch plošných spojov. Jeden obsahuje súčiastky a druhým je anténa, ktorá je tvorená vyleptanými medenými cestičkami (obr. č. 10). Spojené sú dvoma vodičmi, ktoré môžu byť podľa potreby predĺžené až do max. dĺžky 30cm, podľa toho, či to daná aplikácia vyžaduje.



Obr. 10: Čítačka RFID

Integrovaný obvod osadený na plošnom spoji využíva pasívnu RFID technológiu. Má teda dve hlavné funkcie: vytvára elektromagnetické pole pre nabitie pasívneho tagu, v tomto prípade v podobe karty, a demoduluje AM signál do podoby Manchester signálu. Manchester je jednoduchý druh kódovania, kedy sa informácia kóduje do zmeny stavu.

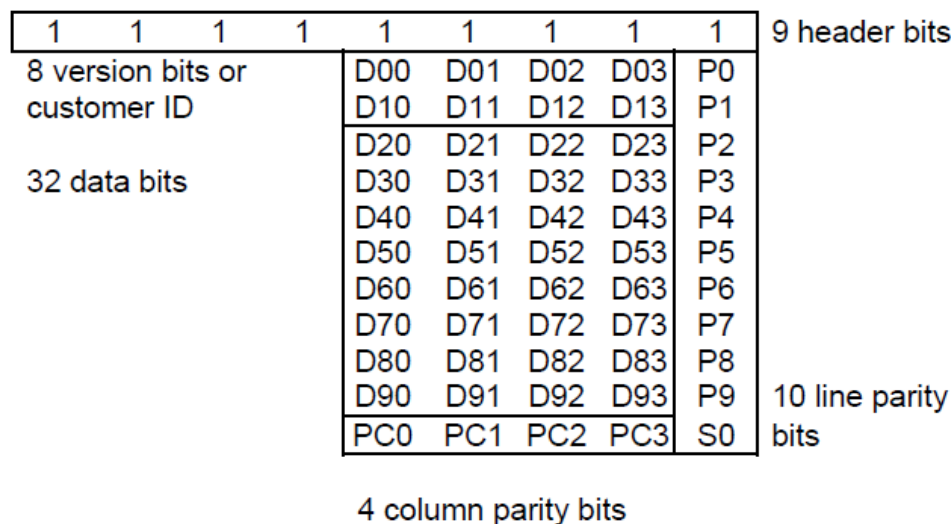
Prechod z nízkej úrovne (napätia) do vysokej je logická nula a opačne logická jedna. Existujú tiež mnohé modifikácie (obr. č. 11).



Obr. 11: Príklad signálu Manchester

4.3 Transpondéry

V našom RFID systéme boli použité pasívne transpondéry. Sú vo vyhotovení bielych plastových kariet s možnosťou potlače. Čip s anténou po okraji karty sú zaliate v plaste. Tieto tagy používajú protokol EM4102. Výrobca zabezpečuje, že neexistujú dve karty s rovnakým kódom uloženým v pamäti karty. Tento protokol určuje tiež organizáciu pamäte (viď. obr. č. 12). Prvý riadok tvorí 9 bitov s hodnotou logická jedna. Táto značka ozna-



Obr. 12: Organizácia pamäte RFID tagu

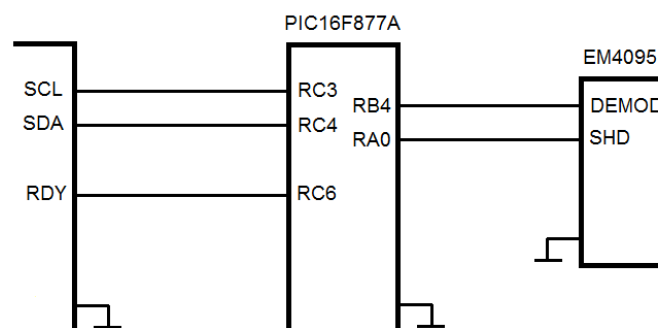
čuje začiatok užitočných dát. Nasleduje 8 bitov (D00 až D13), ktoré identifikujú výrobcu. Ďalších 32 bitov tvorí unikátny identifikátor (D20 až D93). Výrobca zabezpečuje, že neexistuje rovnaký identifikátor na viacerých kartách. Ako identifikátor výrobcu, tak aj jedinečný identifikátor sú ošetrené ochranou kontrolného súčtu CRC. Tento princíp funguje nasledovne:

Prvý riadok D00 až D03 ošetruje P0. P0 je nastavený na logickú nulu, ak je počet jednotiek párný, v opačnom prípade je to logická nula. Podobne všetky ostatné riadky. Tento princíp sa nazýva tiež parita. P0 až P9 sú paritné bity pre riadky. Pre úplnosť sú rovnakým princípom ošetrené aj stĺpce, pomocou PC0 až PC3 paritných bitov. Platí rovnaké pravidlo parity. Bit S0 je vždy nulový a je to ukončovací bit, teda ukončuje blok užitočných dát. (Pre viac informácií viď datasheet [6]).

4.4 Obvodové zapojenie

Funkcie jednotlivých vývodov sú rozmiestnené podľa hardvéru procesora. To znamená, že ich vlastnosti nieje možné aplikovať na iných pinoch. Pre upresnenie: všetky piny je možné nastaviť aj ako univerzálne, vtedy sú ich špeciálne vlastnosti nepoužité a ich funkcia je daná len programom uloženým v pamäti procesora. Viazanými na hardvér

sú napríklad piny, ktoré sa starajú o komunikáciu po I²C, SDA a SCL piny. PIC16F877A má iba jeden hardvér pre I²C, dátový vodič SDA musí byť pripojený na pin RC4, vodič hodinových impulzov SCL na RC3. Keďže tento procesor plní funkciu Slave najprv ako Receiver, následne ako Transmitter, je SCL uvažovaný iba ako vstupný pin a SDA najprv pri prijímaní dát ako vstupný a následne pri odosielaní ako výstupný vodič. O toto sa programovo stará spomínaný hardvér I²C. Viac sa týmto budem zaoberať v nasledujúcej sekcii. Ďalším hardvérovým závislým pinom je RB4. Je určený pre prijímanie dát z integrovaného obvodu EM4095, ktorý má na svojom výstupe kľudovú úroveň log. jednotky, a pri posielaní dát prechádza do úrovne log. nuly, čo je využité práve na spomínanom pine RB4. Tento pin má špeciálnu vlastnosť, a to, že je možné zmenou na tomto pine vyvolať programové prerušenie, a následne naňho v programe reagovať. Je tiež možné konfigurovať kľudovú úroveň a úroveň na ktorú sa má prerušenie na RB4 vyvolať, no východzie nastavenie je reakcia na prechod do log. nuly, teda tzv. spádová hrana. Pin RC6 je konfigurovaný ako univerzálny a plní funkciu indikácie (teda iba ako výstup), kedy sú dáta v rozhraní pripravené na vyslanie po I²C. Kľudová úroveň je zvolená ako log. jedna. V opačnom prípade Master reaguje na zmenu a začína komunikáciu s rozhraním. RA0 je použitý ako univerzálny pin a jeho funkciou je uspávanie alebo zobúdzanie integrovaného obvodu EM4095. Kvôli šetreniu energie je väčšinu času v režime spánku, na malý okamih sa tento obvod prebudí, zistí sa prítomnosť alebo neprítomnosť karty v elektromagnetickom poli a podľa toho sa začína čítanie karty alebo sa EM4095 znova uspí. Čítačka je v režime spánku, ak je RA0 v log. jednotke a v pracovnom režime ak je v log. nule. Zapojenie rozhrania je na obr. č. 13



Obr. 13: Schéma zapojenia

4.5 Implementácia programu rozhrania

V tejto sekcii sa budeme venovať programovej časti návrhu. V prvom rade sa zameriame na konfiguráciu hardvéru I²C, nastavenie pinov, obsluhu prerušení programu a dekodovanie dát z EM4095. Program je napísaný v jazyku C pre procesory firmy Microchip. Program bol vytvorený vo vývojovom prostredí MPLAB verzie 8.87.

4.5.1 Nastavenie procesora, pomocné premenné

Program je rozdelený do niekoľkých častí. Na začiatku je konfigurácia kompilátora:

```
#include <pic.h> //using pic macro
#define _XTAL_FREQ 1843200 //setting crystal frequency
#include <stdbool.h> //needed for using boolean variables
```

Výpis 1: Nastavenie kompilátora

V programe sú takmer všetky premenné deklarované na začiatku, pred výkonnou časťou programu. Opätovné deklarovanie lokálnych premenných spôsobuje zbytočné zaťaženie procesora.

```
char index = 0;
char data_characters[10] = {' ','!','@','#','$','%','^','&', '*', '(' }; //some data
char buffer = 0x00;
char character = 0x00;
bool samples[90];
bool samples2[90];
bool binary_data[80];
int count_of_ones = 0;
int count_of_zeros = 0;
int index_samples = 0;
int index_manchester = 0;
int index_data = 0;
int i, j, k = 0;
int ones = 0;
int zeros = 0;
bool header_found_flag = 0;
```

Výpis 2: Premenné

Funkcia init() pre počiatočné nastavenie hardvéru procesora, pomocou konfiguračných registrov:

```
void init(void){

    ADCON1 = 0;    // all ports set to digital
    SSPADD = 0xB1;
    SSPCON = 0x36; //set slave with 7-bit address
    INTCON = 0xC0; //enable GIE

    SSPIE = 0;     //disable SSPIE – interrupts from SSP module
    RBIE = 0;      //disable RBIE – interrupts from PORTB4–PORTB7
```

```

//setup LEDs
TRISE = 0x02;    //RE0 output, RE1 input
PORTE = 0x01;    //LEDs enabled

TRISD = 0x00;    //PORTD output for LEDs
TRISC = 0x18;    //PORTC input for I2C

PORTD = 0x01;    // start mode

TRISB = 0xFF;
PORTB = 0xFF;

TRISA = 0xFE;    //RA0 data input
PORTA = 0x01;    //put EM4095 to SleepMode
}

```

Výpis 3: Konfigurácia procesora

Za zmienku stojí nastavenie SSPADD, v ktorom udávame jedinečnú adresu Slave obvodu rozhrania. Je to adresa, ktorú musí Master vyslať ako prvý byte po I²C aby rozhranie mohol používať. Nastavenie hardvéru I²C procesora PIC16F877A ako Slave obvodu sa prevádza konfiguráciou registra SSPCON, pre ostatné módy vid' datasheet [4]. Ďalej nastavenie prerušení modulu I²C - na začiatku do vypnutého stavu. Takisto aj prerušenia z pinu RB4. Ostatné piny a ich nastavenie ako vstupy alebo výstupy pomocou registra TRISX, kde X je písmeno príslušného portu. Pri výstupných pinoch je nastavená kľudová úroveň pred začiatkom fungovania rozhrania pomocou registrov PORTX. Pomocou TRISE a PORTE je nastavený PORTD pre indikáciu na LED diodách, ktoré sú na vývojovej doske ale na funkčnosť rozhrania nemajú vplyv. Ďalšou časťou programu je obsluha prerušení. V nej sú riešené dve základné funkcie a to posielanie dát cez I²C zbernicu a dekódovanie dát z RFID čítačky. Pre rozsiahlosť nebude uvedený celý kód ale iba úseky, ktoré sa starajú o funkčnosť.

4.5.2 Dekódovanie dát z čítačky RFID čipov

V tele funkcie prerušenia sa vykonáva dekódovanie signálu Manchester. Tento proces sa skladá z niekoľkých častí. Najprv je treba spomenúť, že keď je RFID karta vložená do elektromagnetického poľa čítačky, dáta na výstupe obvodu EM4095 nezačínajú od uvedených deviatich jednotiek, ale začína sa od posledného čítania a celý blok pamäte sa vysielá opakovane až dovtedy, kým karta neopustí okolie čítačky. Preto je potreba hľadať práve spomínaných 9 jednotiek zakódovaných kódom Manchester a až po nájdení môžeme čítať užitočné dáta. Tento prístup je mimochodom odlišný od toho, ktorý bol použitý v hotovej stavebnici domácej bezpečnostnej ústredne, pretože sa využíval ďalší vodič pre hodiny signálu Manchester. Dochádza totiž vplyvom teploty k zmene dĺžky periódy signálu Manchester. Naše zapojenie využíva iba demodulovaný výstup z obvodu ušetrenia jedného vodiča za cenu zložitejšieho programu, no s jednoduchším obvodovým zapojením. Spomínaná zmena dĺžky periódy je kompenzovaná programovo. Algoritmus je navrhnutý tak aby približne počítal dĺžku zotrvania v konkrétnych úrovniach a vyhodnocoval krátky a dlhý impulz. Keďže informáciu o presnej dĺžke periódy

výrobca karty v manuále neuvádza, bola zistená jednoduchým zmeraním a činí približne $260\mu s$. V momente, keď je nájdený tzv. header, teda 9 jednotiek zakódovaných signálom Manchester, sú tieto dáta následne ukladané a ďalej spracované.

```

i = 0;
header_found_flag = 0;
while(i < 90){
    if (RB4 == 1){
        ones = 0;
        while(RB4 == 1){
            ones++;
            __delay_us(26);
        }
        if (ones > 14){
            samples[i++] = 1;
            samples[i++] = 1;
        }
        else{
            samples[i++] = 1;
        }
    } //eof if RB4 == 1
    else{
        zeros = 0;
        while(RB4 == 0){
            zeros++;
            __delay_us(26);
        }
        if (zeros > 14){
            samples[i++] = 0;
            samples[i++] = 0;
        }
        else{
            samples[i++] = 0;
        }
    } //eof if RB == 0
    if (i > 21 && !header_found_flag){
        if ( (!samples[i-21]) && (samples[i-19])
            && (samples[i-17])
            && (samples[i-15])
            && (samples[i-13])
            && (samples[i-11])
            && (samples[i-9])
            && (samples[i-7])
            && (samples[i-5])
            && (samples[i-3])
            && (!samples[i-1]) ){
            header_found_flag = 1;
            i = 0;
            break;
        }
    }
}

```

Výpis 4: Získanie headera - 9 log. jednotiek

V tomto momente sa nachádzame v čase, keď karta vyslala header a môžeme pristúpiť k získaniu identifikátora výrobcu, tieto dáta sa ukladajú do poľa *samples[]*.

```

while(i < 40){
    if (RB4 == 1){
        ones = 0;
        while(RB4 == 1){
            ones++;
            __delay_us(26);
        }
        if (ones > 14){
            samples[i++] = 1;
            samples[i++] = 1;
        }
        else{
            samples[i++] = 1;
        }
    } //eof if RB4 == 1
    else{
        zeros = 0;
        while(RB4 == 0){
            zeros++;
            __delay_us(26);
        }
        if (zeros > 14){
            samples[i++] = 0;
            samples[i++] = 0;
        }
        else{
            samples[i++] = 0;
        }
    } //eof if RB == 0
}

```

Výpis 5: Získanie identifikátora výrobcu

Podobne sa získava aj jedinečný identifikátor:

```

i = 0;
while(i < 90){
    if (RB4 == 1){
        ones = 0;
        while(RB4 == 1){
            ones++;
            __delay_us(26);
        }
        if (ones > 14){
            samples2[i++] = 1;
            samples2[i++] = 1;
        }
        else{

```

```

        samples2[i++] = 1;
    }
} //eof if RB4 == 1
else{
    zeros = 0;
    while(RB4 == 0){
        zeros++;
        __delay_us(26);
    }
    if (zeros > 14){
        samples2[i++] = 0;
        samples2[i++] = 0;
    }
    else{
        samples2[i++] = 0;
    }
} //eof if RB == 0
}

```

Výpis 6: Získanie jedinečného identifikátora karty

V tejto chvíli sú získané dáta z karty a obvod EM4095 je uspaný. Pokračuje spracovanie signálu. Máme v poliach *samples[]* a *samples2[]* uložené stále iba dáta v podobe Manchester kódu. Nasledujúci blok kódu sa postará o prevod do binárnej podoby dát a uloží výsledok do poľa *binary_data[]*. Skopíruje sa každý druhý bit, ktorý vlastne predstavuje zakódovanú hodnotu.

```

j = 0;
for(int i = 0; i < 20; i++){
    binary_data[j++] = samples[i*2];
}
for(int i = 0; i < 35; i++){
    binary_data[j++] = samples2[i*2];
}

```

Výpis 7: Prevod dát z Manchester kódu do binárnej podoby

Následne je potrebné ešte previesť binárne dáta do podoby znakov. Pri prevode je potrebné posunúť znaky o konkrétny počet pozícií, aby sa zhodovali s kódovaním v ASCII tabuľke (Tabuľka ASCII znakov je v priloženom CD).

```

k = 0;
for (int i = 0; i < 90; i += 5)
{
    character = 0x00;
    for (int j = 0; j < 4; j++)
    {
        if (binary_data[i+j])
        {
            character++;
        }
        if (j < 3)
        {
            character = character << 1;
        }
    }
}

```

```

    }
  }
  if (character < 10)
  {
    data_characters[k++] = character + 48;    //move in ASCII table for numbers
  }
  else
  {
    data_characters[k++] = character + 55;    //move in ASCII table for characters
  }
}

```

Výpis 8: Prevod z binárnej podoby do ASCII formátu

Týmto je spracovanie dát z RFID čítačky dokončené a v poli `data_characters[]` sú pripravené znaky predstavujúce identifikátor výrobcu a jedinečný identifikátor karty.

4.5.3 Vyslanie znakov po I²C zbernici

Pripravené znaky v poli `data_characters[]` sa po I²C zbernici vysielajú pomocou vnútorného hardvéru pre obsluhu zbernice. Je dôležité uvedomiť si, že nastavenú adresu obvodu Slave hardvér automaticky porovnáva s prvým bytom prijatým od Mastera a vyvolá prerušenie iba v prípade, že táto adresa korešponduje s nastavenou. Potvrdzovanie ACK sa deje vďaka hardvéru procesora.

```

if (D/nA == 0){          // if last received byte was device address, set index to beginning
    index = 0;
}

if (R_W == 1){           // if master requests to read
    if (index > 10){
        index = 0;
        (
            SSPBUF = data_characters[index++];
            CKP = 1;           //release SCL
            buffer = SSPBUF;    //read SSP buffer
            return;
        )
    }

    if (BF == 0){
        buffer = SSPBUF;      // nothing in buffer
        return;
    }
}

```

Výpis 9: Obsluha komunikácie

Týmto sa končí blok kódu, ktorý sa stará o obsluhu prerušenia.

4.5.4 Hlavný program

V hlavnom programe sa najprv zavolá funkcia pre nastavenie všetkých potrebných registrov, čítačka sa nastaví do stavu spánku. V hlavnom cykle sa opakuje zobúdzanie čítačky

a jej uspávanie. V prípade, že sa do okolia čítačky priblíži tag, vyvolá sa prerušenie, spracujú sa dáta a pripraví sa pre odoslanie po zbernici. Taktiež sa nastaví pomocou pinu RC6 príznak (do logickej nuly) na 1 sekundu, aby si Master mohol dáta prečítať. Počas tejto doby sa zapne I²C hardvér a čaká sa na Mastera. Ak sa Master nepokúsi nadviazať komunikáciu, pokračuje sa v obvyklom cykle.

```
void main(){
    init ();
    RC6 = 1;
    while(1){           // infinite loop
        SSPIE = 1;      //enable interrupts from SSP
        RBIE = 0;
        if (header_found_flag){
            RC6 = 0;
            __delay_ms(1000); //do nothing, just wait for reading via I2C
            RC6 = 1;
            header_found_flag = 0;
        }
        SSPIE = 0;      //disable interrupts from SSP module
        i = 0;

        RBIE = 1;       //enable RBIE – interrupts from RB4
        PORTA = 0x00;    //wake up EM4095
        __delay_ms(200); //wait for interrupt on RB4

        PORTA = 0x01;    //enter SleepMode EM4095
        RBIE = 0;
        __delay_ms(500);
    } //eof while(1)
} //eof main()
```

Výpis 10: Hlavný program

5 Návrh systému s rozhraním RFID

V tejto stati je vytvorený návrh systému, v ktorom bude prezentované RFID rozhranie použité. Tento systém je schopný čítať, ukladať a meniť údaje uložené v pamäti. Je schopný pracovať s podmienkou, aby reagoval iba na kartu autorizovaného užívateľa (indikácia pomocou zvukového signálu) a tiež je schopný ďalej posielat', prípadne zobrazovať časové záznamy prístupu užívateľov do systému cez rozhranie USB do počítača (pomocou emulovaného virtuálneho portu). V poslednej časti bude tento návrh realizovaný.

5.1 Autorizačný systém

Autorizačný systém pripojený k rozhraní je realizovaný ako druhá vývojová doska s vlastným procesorom. Keďže je použitá zbernica I²C, stačí, aby daný procesor zachoval pravidlá pre prenos, inak je jeho vnútorné usporiadanie nezávislé od rozhrania. V tomto prípade je autorizačný systém uvažovaný ako Master. Riadi teda komunikáciu. Jeho hlavnou úlohou je prečítanie dát z rozhrania a ich následné spracovanie. Spracovaním sa myslí zobrazenie na displeji, uloženie do pamäte, porovnanie uloženej karty s práve prečítanou kartou a vyslanie do osobného počítača pre možnosť ďalšieho spracovania. Napríklad pre ukladanie autorít do textového súboru a pod. Vývojová doska má označenie EvB 4.3 v4. Je osadená procesorom firmy Atmel - ATMEGA644P. Program bol vytvorený vo vývojovom prostredí Atmel Studio 6.0. Pre nahratie programu nieje potrebný externý programátor, programovani je realizované cez rozhranie USB. Tento procesor podobne ako PIC16F877A obsahuje vlastný hardvér pre obsluhu I²C zbernice. Doska tiež obsahuje dvojriadkový display LCD, vhodný pre zobrazenie stručných správ. V našom prípade sa na ňom zobrazujú informácie o karte, prípadne ďalšie údaje o porovnaní kariet atď. Z ostatného hardvéru je taktiež použitý externý obvod na I²C zbernici, ktorý spolu s malou batériou tvorí obvod reálneho času. Tento údaj sa používa pri vysielaní do počítača spolu s kódom karty. Tiež je použitá cez I²C zbernicu EEPROM pamäť pre trvalé uchovanie kódu jednej karty. Túto pamäť je možné vymazať alebo do nej nahrať kód novej karty. Obidva tieto úkony je možné obslúžiť jedným tlačidlom nasledovne: pri podržaní tlačidla asi na 3 sekundy sa posledná prečítaná karta uloží do pamäte, pri podržaní na viac ako 5 sekúnd sa pamäť vymaže a systém nereaguje na žiadnu kartu. Ak sa následne kód prečítanej karty zhoduje s kódom uloženým v pamäti, je to oznámené zvukovým signálom. Taktiež sa na displeji zobrazí správa o porovnaní a zhode. Pri odlišnom kóde je iba zobrazená správa o nezhode a zvukový signál nezaznie. Po každom prečítaní sa posielajú kód karty cez USB do počítača. V priloženom CD je niekoľko fotografií funkčného zapojenia. Programy oboch procesorov sú taktiež priloženom CD.

6 Záver

Pri tvorbe tejto práce som sa zaoberal technológiou RFID z pohľadu praktického využitia. V prvých kapitolách som popisoval základné znalosti použitých technológií a následne som sa venoval vytvoreniu rozhrania, implementácii vlastného algoritmu pre spracovanie výstupu čítačky a včleneníu do systému s I² zbernicou. Na jej rozhranie funguje podľa dohodnutých prítérií pre komunikáciu. Síce celý systém funguje iba na vývojových doskách a jeho zapojenie je viacmenej skúšobného charakteru, nič nebráni nasadeniu do reálneho systému.

Pri tvorbe rozhrania som zúžitkoval znalosti získané v študijných predmetoch, kde som sa venoval napríklad komunikácii procesorov s viacerými obvody po I²C zbernici. Tiež som si osvojil niektoré nové techniky programovania. Zaujímavou bola pre mňa RFID technológia aj preto, že sa v dnešnej dobe vo veľkom používa a jej nasadenie nieje príliš komplikované. Asi najväčšou prekážkou bol nedostatok dokumentácie pre spracovanie dát z čítačky RFID a tiež to, že som sa touto technológiou začal zaoberať až nedávno. Tiež samotné programovanie procesorovej techniky je pre mňa nová záležitosť, no o to zaujímavejšia.

Vytvorením rozhrania a následne funkčného celku som demonštroval získané znalosti, ktoré určite využijem pri ďalšom štúdiu v oblasti elektrotechniky a informatiky.

Rudolf Hadida

7 Literatura

- [1] POLÁKOVÁ, Silvia. *Technologie RFID* [online]. 2006. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta informatiky. Vedúci práce Jaroslav Ráček. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/51781/fi_m/
- [2] Philips Semiconductors. *The I²C-bus specification* [online]. 2000. Dostupné z: <http://www.nxp.com/documents/other/39340011.pdf>
- [3] NXP Semiconductors. *UM10204 I²C-bus specification and user manual* [online]. 2012. Dostupné z: http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204.pdf
- [4] Čebiš V., Vaňous P. *Jednočipový mikropočítač PIC16F87xA* Překlad originální dokumentace. [online]. 2005. Dostupné z: <http://uloziste.micovo.cz/Datasheety/PIC16F87xA.pdf>
- [5] EM Electronic - Marin SA *EM4095 Read/Write analog front end for 125 kHz RFID Basestation* [online]. 2005. Dostupné z: http://www.emmicroelectronic.com/webfiles/product/rfid/ds/EM4095_DS.pdf
- [6] EM Electronic - Marin SA *EM4102 Read Only Contactless Identification Device* [online]. 2002. Dostupné z: http://www.digchip.com/datasheets/download_datasheet.php?id=296813&part-number=EM4102&show=inline

A Obsah priloženého CD

1. Znenie bakalárskej práce vo formáte PDF, súbor: bakalarska_praca.pdf
2. Rozhranie - Projekt vo vývojovom prostredí MPLAB pre procesor PIC16F877A, zložka: PIC16F877A
3. Autorizačný systém - Projekt vo vývojovom prostredí Atmel Studio pre procesor ATMEGA644P, zložka: ATMEGA644P
4. Tabuľka ASCII znakov, súbor: ASCII.gif
5. Fotografie funkčného systému, zložka: Fotografie